

壳寡糖对旱薄地花生叶片衰老 及产量和品质的影响

张佳蕾, 郭 峰, 万书波, 孟静静, 杨 莎, 黄 超, 耿 耘, 李新国*

(山东省农业科学院生物技术研究中心, 山东省作物遗传改良与生态生理重点实验室, 济南 250100)

摘 要:在旱薄地条件下,以小花生品种‘花育 20 号’(HY20)和大花生品种‘花育 22 号’(HY22)为实验材料,研究叶面喷施不同浓度壳寡糖[0 mg · kg⁻¹(T₀), 50 mg · kg⁻¹(T₁), 100 mg · kg⁻¹(T₂), 200 mg · kg⁻¹(T₃)]对叶片衰老、荚果产量和籽仁品质的影响。结果表明:(1)壳寡糖处理均显著提高了旱薄地花生饱果期叶片叶绿素含量和保护酶(SOD、POD、CAT)活性,降低了 MDA 含量,并显著提高了 2 个品种的单株结果数、饱果率和荚果产量。(2)壳寡糖处理降低了 HY20 的籽仁蛋白质含量却提高了其脂肪含量,但提高了 HY22 的籽仁蛋白质和脂肪含量,且 T₁ 处理对 HY20 的油酸/亚油酸(O/L)比值提高幅度较大,而 T₂ 处理对 HY22 的 O/L 值提高幅度较大。研究认为,在生产实际中用 50 mg · kg⁻¹壳寡糖叶面喷施品种‘花育 20 号’(HY20)、用 100 mg · kg⁻¹壳寡糖叶面喷施品种‘花育 22 号’(HY22)时,2 个品种的籽仁产量、蛋白质和脂肪产量均最高,可达到花生生产的高产优质高效。

关键词:花生;旱薄地;壳寡糖;产量;品质

中图分类号: Q945.79 **文献标志码:** A

Effect of Spraying Oligochitosan on Leaf Senescence, Yield and Quality of *Arachis hypogaea* on Barren Dryland

ZHANG Jialei, GUO Feng, WAN Shubo, MENG Jingjing,
YANG Sha, HUANG Chao, GENG Yun, LI Xinguo*

(Biotechnology Research Center, Shandong Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Crop Genetic Improvement and Ecological Physiology of Shandong Province, Jinan 250100, China)

Abstract: A barren dryland cultivation experiment was conducted in 2013 and 2014 to study the effects of spraying oligochitosan on leaf senescence, pod yield and kernel quality using ‘Huayu20’ (HY20) and ‘Huayu22’ (HY22) as materials. Devise 4 oligochitosan concentrations are 0 mg · kg⁻¹ (T₀), 50 mg · kg⁻¹ (T₁), 100 mg · kg⁻¹ (T₂) and 200 mg · kg⁻¹ (T₃), respectively. The results showed that: (1) Spraying different concentrations of oligochitosan significantly increased chlorophyll content and SOD, POD, CAT activities, reduced the content of MDA of leaf at pod filling stage. Spraying oligochitosan significantly increased the pod yield by improving the pod number per plant and single pod weight. (2) Different concentrations of oligochitosan all improved the fat content but reduced the protein content of HY20, while improved the protein and fat content of HY22 at the same time. When the concentration of oligochitosan was 50 mg · kg⁻¹, it could significantly improve the O/L (oleic acid/linoleic acid) ratio of HY20. The relative

收稿日期: 2014-11-18; **修改稿收到日期:** 2015-01-12

基金项目: 国家科技支撑计划(2014BAD11B04); 山东省自然科学基金项目(ZR2011CQ042); 山东省自主创新成果转化重大专项(2012ZHZXIA0418); 山东省农业重大应用技术创新课题; 现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-14); 山东省农业科学院青年基金(2015YQN12)

作者简介: 张佳蕾(1984—), 男, 博士, 主要从事花生品质生理研究。E-mail: zhangjialei19@163.com

* 通信作者: 李新国, 研究员, 主要从事花生生理生态研究。E-mail: xinguo1@163.com

content of oleic acid was dramatically improved and the linoleic acid content sharply reduced for HY22, when the concentration of oligochitosan was $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Comprehensive showed that the most suitable concentration of oligochitosan to HY20 was $50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ and to HY22 was $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ in barren dryland and the yield could be significantly increased and the kernel quality be also improved.

Key words: *Arachis hypogaea*; barren dryland; oligochitosan; yield; quality

花生(*Arachis hypogaea*)是中国重要的经济作物之一,总产居油料作物之首,是重要的食用油源、食品工业理想原料和出口创汇作物。花生生产在提高农民收入、加强国家油料安全和农村产业结构调整中具有重要作用。中国有很大一部分旱薄地花生产区,由于面积集中,不易换茬,连作病虫害严重而造成花生产量低而不稳。再加上土壤贫瘠和供肥保水能力差而导致养分利用率低,造成生长后期脱肥早衰而使产量和品质下降^[1-3]。目前生产上一般在花生生长中后期喷施叶面肥或者植物生长调节剂来延缓植株衰老和增加产量^[4-6]。

壳寡糖是经生物技术降解而成的低分子量碱性寡聚糖。与壳聚糖相比具有水溶性好、功能作用强、生物活性高的特点。前人研究表明,壳寡糖信号分子被植物细胞识别后,可以诱导产生过敏反应和系统获得性抗性等多种防御反应^[7-9],诱导植物抗病性相关基因表达^[10-12],参与诱导蚕豆气孔关闭的信号转导^[13],可以改善油菜抗旱相关的生理指标进而增强其抗旱能力^[14-15]。有关壳聚糖对花生影响进行的研究指出,适宜浓度壳聚糖能提高种子发芽率^[16],促进干旱胁迫下植株生长与抗旱能力^[17],提高花生植株保护酶活性^[18]。而对壳寡糖在花生上的应用报道较少,更没有针对旱薄地花生喷施壳寡糖的效果进行研究。因此,研究壳寡糖对旱薄地花生叶片衰老和产量及品质的影响,对壳寡糖在花生应用的研究具有重要理论意义,同时可为旱薄地花生高产、优质生产提供技术指导。

1 材料和方法

1.1 试验材料与设计

试验分别于 2013 和 2014 年在山东省泰安市宁阳县葛石镇鹿崖村丘陵旱薄地进行。土壤为贫瘠生土,0~20 cm 土层有机质含量为 $7.40 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,碱解氮为 $41.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷为 $24.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾为 $53.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。选用小花生品种‘花育 20 号’(HY20)和大花生品种‘花育 22 号’(HY22),于 4 月 25 日播种,9 月 10 日收获。小区面积 $2 \text{ m} \times 10 \text{ m}$,每小区播种 6 行,行距 30 cm,穴距 20 cm,每

穴 2 粒,种植密度为每公顷 15 万穴。播种前每小区施复合肥(15% N、15% P_2O_5 、15% K_2O) 2 kg,过磷酸钙 2 kg,其他管理按一般生产田进行。

设 4 个壳寡糖浓度, T_0 ($0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、 T_1 ($50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、 T_2 ($100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 和 T_3 ($200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$),分别于花针期和结荚期进行均匀叶面喷施,共喷施 2 次。随机区组设计,每个处理 3 次重复。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 叶绿素含量 于饱果期选取各处理生长一致受光方向相同的主茎倒 3 叶,采用 Arnon 法^[19]进行叶绿素含量的测定。

1.2.2 保护酶活性及丙二醛含量 于饱果期选取各处理主茎倒 3 叶,去主叶脉后剪碎,称取 0.5 g 样品,放入预冷研钵中,加入 pH 7.8 磷酸缓冲液,冰浴研磨,匀浆于 4000 r/min 4°C 冷冻离心 20 min,所得上清液即为酶液。

保护酶超氧化物歧化酶(SOD)活性测定参照王爱国法^[20];过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法^[21];过氧化氢酶(CAT)活性测定参照 Chance 法^[22];丙二醛(MDA)含量测定参照林植芳法^[23]。

1.2.3 产量及产量构成因素 收获前每个处理取样 10 棵,调查单株结果数、幼果数、秕果数、饱果数和双仁果数。各处理小区逐一实测,去掉小区的边行和两头,测量实收面积,刨收、摘果、去杂,自然风干,统计荚果产量。室内考察各处理每千克果数和出仁率。

1.2.4 品质性状 各处理在自然风干的荚果中选取均匀一致的,去壳、烘干、磨粉后测定蛋白质、脂肪和可溶性糖含量,以及氨基酸组分和脂肪酸组分等。

凯氏定氮法^[24]测定蛋白质含量(换算系数为 5.46),氨基酸组分用氨基酸自动分析仪测定。可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法^[25]。用索氏提取法^[24]测定粗脂肪含量。气相色谱法测定脂肪酸组分相对含量,使用岛津 GC-2010 气相色谱仪,色谱柱 DB-FFAP,载气为 N_2 ,测定时氢气流量 $40 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$,空气流量 $400 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$,尾吹气为氮气/空气,尾吹气流量 $30 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$,FID 检测器,进样量 $1 \mu\text{L}$,采集 20 min,面积归一法计算出脂肪酸组

分的相对含量。

1.3 数据处理

用 DPS 7.05 软件分析数据,用最小显著极差法(LSD)进行平均数显著性检验;用 Origin Pro8.0 软件作图。数据均采用 2 年数据平均值。

2 结果与分析

2.1 壳寡糖对旱薄地花生叶片叶绿素含量的影响

花生饱果期叶绿素含量的高低影响光合产物的积累及荚果充实度。不同浓度壳寡糖处理均显著提高了 2 个品种饱果期的叶片叶绿素含量(表 1)。T₁ 处理对 HY20 的叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素含量提高幅度最大,显著高于 T₂ 和 T₃ 处理,而 T₂ 与 T₃ 差异不显著。T₂ 处理对 HY22 的叶绿素 a 和总叶绿素含量提高幅度最大,与 T₃ 差异不显著,而显著高于 T₁ 处理。说明壳寡糖浓度为 50 mg · kg⁻¹ (T₁)对小花生品种 HY20 的饱果期叶绿素含量提高幅度最大,而对大花生品种 HY22 提高幅度最大的浓度是 100 mg · kg⁻¹ (T₂)。

2.2 壳寡糖对旱薄地花生叶片保护酶活性的影响

旱薄地花生后期容易脱肥早衰,严重影响荚果产量与籽仁品质。不同浓度壳寡糖处理均显著提高了旱薄地花生饱果期叶片的保护酶 SOD、POD 和 CAT 活性,显著降低了 MDA 含量(表 2)。其中, T₁ 和 T₂ 处理 HY20 的保护酶活性提高幅度较大,MDA 含量降幅最明显。T₂ 处理时 HY22 的 SOD 活性提高幅度最大,达 21.38%;同时 MDA 降幅最大,达 47.17%。说明较低浓度壳寡糖处理(T₁ 和 T₂)对小花生品种 HY20 饱果期叶片保护酶活性提高较显著,而 T₂ 处理对大花生品种 HY22 的保护酶活性提高较显著。

2.3 壳寡糖对旱薄地花生产量及产量构成因素的影响

收获测产结果表明,不同浓度壳寡糖处理均显

著提高了 HY20 和 HY22 的荚果产量。其中,T₁ 处理后 HY20 产量提高幅度最大,达 24.90%,T₂ 处理 HY22 荚果产量增幅最大,为 23.72%(表 3)。不同浓度壳寡糖处理对小花生品种 HY20 荚果产量的增加幅度随浓度的增加逐渐缩小,增产幅度表现为 T₁>T₂>T₃;对大花生 HY22 增产幅度表现为 T₂>T₃>T₁。

由表 3 可知,不同浓度处理中均以 T₂ 对两品种单株结果数增加最多,分别增加了 2.45 和 1.80 个。T₁ 处理 HY20 的饱果率提高幅度最大,提高了 1.67个百分点;T₁ 与 T₂ 处理分别使 HY22 的饱果率提高了 4.01 和 3.43 个百分点。T₁ 处理 HY20 的千克果数降低最多,双仁果率和出仁率提高幅度最大;T₂ 处理 HY22 的双仁果率提高最大、千克果数降低最多,T₁ 与 T₂ 处理均显著提高了其出仁率。不同浓度壳寡糖处理后 2 个品种的单株结果数增加,同时提高了饱果率和双仁果率,增大了单果重,从而达到增产目的。

2.4 壳寡糖对旱薄地花生籽仁品质的影响

2.4.1 蛋白质含量 由图 1 可以看出,不同浓度壳寡糖处理均降低了小花生品种 HY20 的蛋白质含量,而提高了大花生品种 HY22 的蛋白质含量。T₁

表 1 不同浓度壳寡糖处理后花生饱果期叶片叶绿素含量
Table 1 Chlorophyll content of leaves at pod filling stage after spraying different concentrations of oligochitosan/(mg · g⁻¹)

处理 Treatment	HY20			HY22		
	Chl a	Chl b	Chl (a+b)	Chl a	Chl b	Chl (a+b)
T ₀	0.74c	0.14c	0.88c	1.01c	0.21b	1.22c
T ₁	1.79a	0.39a	2.17a	1.14b	0.25ab	1.39b
T ₂	1.56b	0.33b	1.88b	1.30a	0.28a	1.58a
T ₃	1.58b	0.34ab	1.92b	1.27a	0.29a	1.56a

注:同列不同小写字母表示差异达 5%显著水平;下同。

Note: Values followed by different letters in the same column mean significant difference at 0.05 level. The same as below.

表 2 不同浓度壳寡糖处理后花生饱果期叶片保护酶活性及 MDA 含量
Table 2 Protective enzyme activities and MDA content of leaves at pod filling stage after spraying different concentrations of oligochitosan

处理 Treatment	HY20				HY22			
	SOD /(U · g ⁻¹)	POD /(ΔA ₄₇₀ · g ⁻¹)	CAT /(mg · g ⁻¹ · min ⁻¹)	MDA /(μmol · g ⁻¹)	SOD /(U · g ⁻¹)	POD /(ΔA ₄₇₀ · g ⁻¹)	CAT /(mg · g ⁻¹ · min ⁻¹)	MDA /(μmol · g ⁻¹)
T ₀	98.45c	32.78c	4.52c	12.11a	124.48c	45.76b	3.02b	10.94a
T ₁	132.15a	41.42b	6.71a	9.64c	136.76b	47.02b	5.79a	8.11b
T ₂	120.46b	47.13a	6.82a	9.56c	151.09a	52.44a	3.79b	5.78c
T ₃	105.89c	42.48b	5.85b	10.89b	133.32b	54.54a	5.61a	7.58b

表 3 不同浓度壳寡糖处理后 2 个花生品种荚果产量及产量构成因素

Table 3 Yield and its components of two varieties after spraying different concentrations of oligochitosan

品种 Variety	处理 Treatment	单株结果数 Pods number per plant	饱果率 Full pod rate/%	双仁果率 Double kernel rate/%	公斤果数 Pods number per kg	出仁率 Kernel rate/%	荚果产量 Pod yield /(kg·hm ⁻²)	增产 Increased than T ₀ /%
HY20	T ₀	13.65c	78.35c	77.66ab	657.25a	69.96b	3 125.70c	—
	T ₁	15.30b	80.02a	78.01a	613.50c	71.70a	3 903.75a	24.90
	T ₂	16.10a	79.54ab	77.98a	620.33c	69.72b	3 748.20b	19.92
	T ₃	14.90b	79.87b	76.87b	635.25b	70.05b	3 644.40b	16.60
HY22	T ₀	11.45c	60.35c	65.80a	468.33a	71.25b	3 606.30d	—
	T ₁	12.33b	64.36a	63.17b	447.82b	72.63a	3 903.90c	8.25
	T ₂	13.25a	63.78ab	66.18a	432.50c	72.31a	4 461.60a	23.72
	T ₃	11.84bc	62.98b	65.86a	450.46b	71.78ab	4 087.65b	13.35

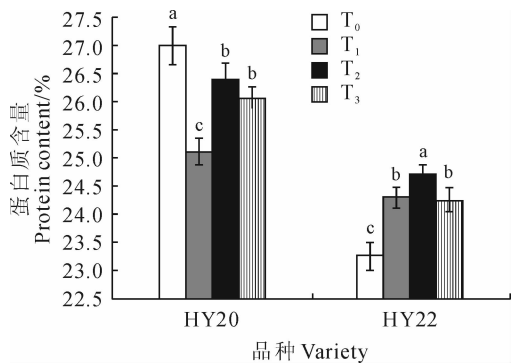


图 1 不同浓度壳寡糖处理后花生籽仁蛋白质含量
同一品种不同字母表示处理间在 0.05 水平上存在显著性差异;下同
Fig. 1 Protein content of *A. hypogaea* in barren dryland
after spraying different concentrations of oligochitosan

Different letters indicate the significant difference
among treatments during the same cultivar
at 0.05 level; The same as below

处理 HY20 籽仁蛋白质含量降幅最大,降低了 1.87 个百分点,其次是 T₃ 处理,降低了 0.92 个百分点。T₂ 处理 HY22 蛋白质含量提高幅度最大,提高了 1.44 个百分点,其次是 T₁,提高了 1.04 个百分点, T₃ 提高了 0.99 个百分点。

2.4.2 脂肪含量 与对 2 个品种籽仁蛋白质的影响不同,喷施壳寡糖均提高了 2 个品种籽仁脂肪含量(图 2)。不同浓度壳寡糖处理下, HY20 脂肪含量大小表现为 T₁ > T₃ > T₂ > T₀, 其中 T₁ 处理比 T₀ 增加了 1.47 个百分点, T₃ 处理比对照增加了 0.97 个百分点。不同浓度壳寡糖处理下, HY22 脂肪含量大小表现为 T₁ > T₂ > T₃ > T₀, 其中, T₁、T₂、T₃ 分别比对照增加了 0.97、0.91 和 0.72 个百分点,但三者差异不显著。

2.4.3 O/L 值 图 3 表明,不同浓度壳寡糖处理对小花生品种 HY20 的 O/L 值影响不同, T₁ 处理提高了 O/L 值 5.88%, 而 T₃ 处理略有降低。不同

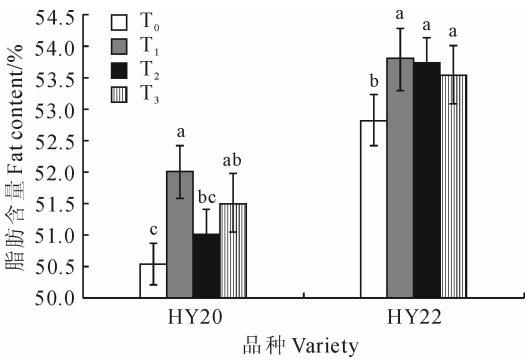


图 2 不同浓度壳寡糖处理后花生籽仁脂肪含量
Fig. 2 Fat content of *A. hypogaea* in barren dryland
after spraying different concentrations of oligochitosan

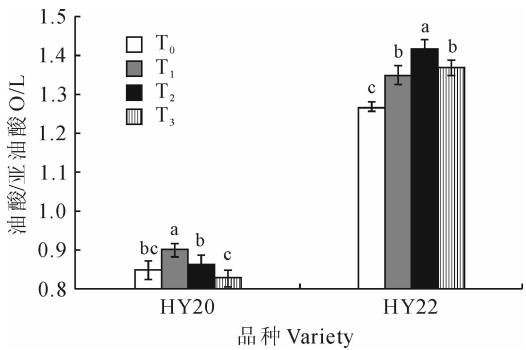


图 3 不同浓度壳寡糖处理后花生籽仁 O/L 值
Fig. 3 O/L ratio of *A. hypogaea* in barren dryland after
spraying different concentrations of oligochitosan

浓度壳寡糖处理均显著提高了大花生品种 HY22 的 O/L 值,并以 T₂ 处理提高幅度最大,其次是 T₃ 处理,两者提高幅度分别为 11.81% 和 7.87%。

2.4.4 氨基酸组分 由表 4 可知,相同浓度壳寡糖处理下小花生品种 HY20 籽仁氨基酸组分均高于大花生品种 HY22。不同浓度壳寡糖处理均提高了 HY22 的各氨基酸含量,显著提高了 HY20 的赖氨酸含量而降低了蛋氨酸、苏氨酸和亮氨酸含量。其

中,不同浓度壳寡糖处理显著提高了 HY22 籽仁中赖氨酸和苏氨酸含量,而对蛋氨酸、缬氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸和异亮氨酸含量影响不显著;不同浓度的壳寡糖对 HY22 的赖氨酸含量提高表现为 $T_3>T_1>T_2$,而对 HY20 赖氨酸的提高 3 个浓度差异不显著。

2.4.5 脂肪酸组分 表 5 说明,不同浓度壳寡糖处理均降低了 HY20 籽仁中棕榈酸、硬脂酸和山嵛酸的相对含量,提高了油酸和廿四烷酸的含量。 T_1 处理显著降低了 HY20 亚油酸含量而提高了花生酸含量, T_2 和 T_3 处理均提高了其亚油酸含量。不同浓度壳寡糖处理均显著降低了 HY22 籽仁中硬脂

酸、亚油酸、花生酸和山嵛酸的相对含量,均提高了油酸和廿四烷酸的相对含量。其中 T_2 处理显著降低了 HY22 的棕榈酸含量,对油酸含量提高幅度最大而对亚油酸含量降幅也最大,从而使 O/L 值显著增大。

2.4.6 经济效益分析 对旱薄地花生喷施不同浓度壳寡糖的经济效益分析表明(表 6),小花生品种 HY20 的最适壳寡糖处理浓度为 $50\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (T_1),籽仁产量与蛋白质和脂肪产量最高,显著高于其他浓度处理;大花生品种 HY22 的最适壳寡糖浓度为 $100\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (T_2),籽仁产量与蛋白质和脂肪产量均显著高于其他浓度处理。 T_1 处理的 HY20

表 4 不同浓度壳寡糖处理后花生籽仁氨基酸组分含量

Table 4 Amino acid composition of kernel after spraying different concentrations of oligochitosan/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

品种 Variety	处理 Treatment	赖氨酸 Lys	蛋氨酸 Met	苏氨酸 Thr	缬氨酸 Val	亮氨酸 Leu	苯丙氨酸 Phe	异亮氨酸 Ile
HY20	T_0	8.25b	1.68a	9.32a	9.83a	15.58a	12.11a	7.34a
	T_1	8.51a	1.37b	8.75b	9.32a	15.31ab	12.05a	7.06a
	T_2	8.62a	1.42b	9.08ab	9.63a	14.94b	12.12a	7.24a
	T_3	8.58a	1.43b	8.92ab	9.72a	15.51a	12.04a	7.32a
HY22	T_0	7.02c	1.32a	8.02b	9.03a	14.71a	11.42a	6.53a
	T_1	8.21ab	1.71a	9.23a	8.82a	15.12a	11.45a	7.04a
	T_2	7.72b	1.64a	9.28a	8.73a	15.01a	12.17a	7.01a
	T_3	8.58a	1.73a	9.42a	8.92a	15.43a	11.67a	7.22a

表 5 不同浓度壳寡糖处理后花生籽仁脂肪酸组分相对百分含量

Table 5 Fatty acid composition of kernel after spraying different concentrations of oligochitosan/%

品种 Variety	处理 Treatment	棕榈酸 Palmitic	硬脂酸 Stearic	油酸 Oleic	亚油酸 Linoleic	花生酸 Arachic	山嵛酸 Docosanoic	廿四烷酸 Tetracosanic
HY20	T_0	7.27a	3.19a	39.02b	45.97b	1.45b	2.12a	0.98a
	T_1	7.11a	2.45b	40.21a	44.67c	2.53a	1.95b	1.08a
	T_2	7.02a	1.67c	40.28a	46.67ab	1.34b	2.01ab	1.01a
	T_3	6.54b	1.83c	39.42a	47.61a	1.51b	2.07ab	1.02a
HY22	T_0	10.85a	3.84a	44.95c	35.39a	1.27a	2.56a	1.13c
	T_1	10.94a	2.72b	45.83b	33.95b	1.03c	2.40b	1.26b
	T_2	10.16b	2.60bc	46.61a	32.82c	1.17b	2.25c	1.24b
	T_3	10.81a	2.41c	45.47bc	33.19c	1.01c	2.40b	1.31a

表 6 不同浓度壳寡糖处理后旱薄地花生的经济效益

Table 6 Economic benefits of *A. hypogaea* in barren dryland after spraying different concentrations of oligochitosan/($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)

处理 Treatment	HY20			HY22		
	籽仁产量 Pod yield	蛋白产量 Protein yield	脂肪产量 Fat yield	籽仁产量 Pod yield	蛋白产量 Protein yield	脂肪产量 Fat yield
T_0	2 186.74c	589.98c	1 105.18c	2 569.49c	597.66c	1 357.72c
T_1	2 798.99a	702.83a	1 455.75a	2 835.40b	689.00b	1 525.73b
T_2	2 613.25b	689.11ab	1 333.02b	3 226.18a	796.87a	1 734.07a
T_3	2 552.90b	665.29b	1 315.00b	2 934.12b	711.52b	1 571.51b

籽仁产量增加 28.00%,蛋白质产量增加19.13%,脂肪产量增加 31.72%;T₂ 处理的 HY22 籽仁产量增加 25.56%,蛋白质产量增加 33.33%,脂肪产量增加 27.72%。

3 讨 论

旱薄地花生因土壤供肥供水能力差,花生前期营养生长不足、植株弱小,制约花生高光效群体建立,是限制花生单产提高的主要原因之一。生育后期早衰和病虫害严重,进一步限制了荚果的充实,导致花生减产严重、品质下降^[26]。有研究表明,壳寡糖处理油菜叶片后期 SOD 和 POD 活性明显升高,叶片脯氨酸含量明显升高^[15]。而菜心在轻度、中度、重度 3 个水平干旱胁迫下,喷施低浓度壳寡糖处理能够抑制 MDA 的产生,提高 CAT、POD、SOD 活性,增加可溶性糖、脯氨酸的含量以及缓解可溶性蛋白质的水解过程^[27]。说明壳寡糖对延缓干旱胁迫下植物衰老作用显著。本研究结果表明,喷施不同浓度壳寡糖处理均能显著提高旱薄地花生饱果期的叶片叶绿素含量,提高 SOD、POD 和 CAT 活性,显著降低 MDA 含量。说明喷施壳寡糖能有效延缓旱薄地花生生育后期植株早衰。其中小花生品种 HY20 喷施浓度为 50 mg·kg⁻¹ 效果最好,而大花生品种 HY22 以喷施 100 mg·kg⁻¹ 处理效果最佳。

有研究表明,壳聚糖能显著提高花生的生物产量和经济产量,增加单株结果数、饱果率和总果重^[28]。本研究结果表明不同浓度壳寡糖处理均能显著增加旱薄地花生荚果产量,但不同类型花生最适浓度不同,50 mg·kg⁻¹ 浓度处理对小花生品种 HY20 增产幅度最大,100 mg·kg⁻¹ 浓度处理对大花生品种 HY22 增产幅度最大。孙彦浩指出,当前条件下要进一步获取花生高产,应在增加群体果数

的同时,提高双仁果率和饱果率^[29]。壳寡糖处理增加了旱薄地花生的单株结果数,提高了饱果率,增大了单果重,而降低了千果果数。喷施壳寡糖增加了叶片叶绿素含量和保护酶活性,防止叶片早衰,增加了生育后期光合产物的积累,这是本研究中壳寡糖增加旱薄地花生荚果产量的主要原因。而壳寡糖对旱薄地花生光合速率的影响以及影响机理有待于进一步研究。

在 0~100 mg·L⁻¹ 壳寡糖范围内,菜心的单株产量、干物质、叶绿素、可溶性糖、可溶性蛋白、维生素 C、游离氨基酸等含量随壳寡糖浓度的增加呈先增后降的趋势^[27]。本研究结果表明,壳寡糖对不同品种花生品质影响效果不同:壳寡糖处理增加了小花生品种 HY20 籽仁脂肪含量而降低了其蛋白质含量,同时增加了大花生品种 HY22 籽仁蛋白质和脂肪含量。结合壳寡糖对两品种饱果率的影响(壳寡糖对 HY20 饱果率提高幅度较小而对 HY22 饱果率提高幅度较大)可知,壳寡糖处理对 HY22 籽仁饱满度的提高是其籽仁蛋白质和脂肪含量提高的原因之一。另外,不同浓度壳寡糖处理均显著提高了 2 个品种籽仁的赖氨酸含量;壳寡糖处理显著提高了 HY22 的油酸含量而降低了亚油酸含量,提高了 O/L 值,其中以 T₂ 处理提高幅度最大,而 T₁ 处理对小花生品种 HY20 的 O/L 值提高幅度较大。

综上所述,不同浓度壳寡糖处理均能显著提高旱薄地花生叶片叶绿素含量,增强保护酶活性防止植株早衰。小花生品种 HY20 最适壳寡糖浓度为 50 mg·kg⁻¹,大花生 HY22 最适浓度为 100 mg·kg⁻¹,均显著增加籽仁产量、蛋白质产量和脂肪产量,提高 O/L 值。适宜浓度的壳寡糖处理能提高旱薄地花生产量的同时改善其籽仁品质。

参考文献:

- [1] ZHANG ZH M(张智猛),DAI L X(戴良香),SONG W W(宋文武),*et al.* Effect of drought stresses at different growth stages on peanut leaf protective enzyme activities and osmoregulation substances content[J]. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报),2013,**39**(1):133-141 (in Chinese).
- [2] DING H(丁 红),ZHANG ZH M(张智猛),DAI L X(戴良香),*et al.* Effects of drought stress on the root growth and development and physiological characteristics of peanut[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报),2013,**24**(6):1 586-1 592(in Chinese).
- [3] CHENG X(程 曦),WANG Y F(王月福),ZHAO CH X(赵长星),*et al.* Effects of drought at different growth stages on senescent characteristics and yield in peanut[J]. *Journal of Peanut Science* (花生学报),2010,**39**(2):33-36(in Chinese).
- [4] CHEN Y ZH(陈玉珍),ZHANG G Y(张高英). Effects of paclobutrazol(PP₃₃₃) on growth and yield components of peanut[J]. *Acta Agricultrae Boreali-Occidentalis Sinica* (西北农业学报),2003,**12**(2):83-88(in Chinese).
- [5] WANG X Y(王晓云),MA CH ZH(马池珠),LI X D(李向东). Effects of paclobutrazol on content of polyamines in peanut leaves and leaf

- senescence[J]. *Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin.* (西北植物学报), 2001, **21**(2): 323—328(in Chinese).
- [6] CHENG Z SH(程增书), XU G ZH(徐桂真), LI Y R(李玉荣), *et al.* Effect of paclobutrazol on growth, yield and quality of peanut under middle and low yield[J]. *Journal of Peanut Science* (花生学报), 2006, **35**(3): 32—36(in Chinese).
- [7] YIN H(尹 恒), WANG W X(王文霞), LU H(卢 航), *et al.* The primary study of oligochitosan inducing resistance to sclerotinia sclerotiorum of *Brassica napus*[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica* (西北农业学报), 2008, **17**(5): 81—85(in Chinese).
- [8] ISHIHARA A, MIYAGAWA H, MATSUKAWA T. Induction of hydroxyanthranilate hydroxycinnamoyl transferase activity by oligo-N-acetylchitooligosaccharides in oats[J]. *Phytochemistry*, 1998, **47**(6): 969—974.
- [9] INUI H, YAMAGUCHI Y, HIRANO S. Elicitor actions of N-acetyl chitooligosaccharides and laminari oligosaccharides for chitinase and L-phenylalanine ammonialyase induction in rice suspension culture[J]. *Biosci., Biotech. and Biochem.*, 1997, **61**(6): 975—978.
- [10] ZHANG F Y(张付云), FENG B(冯 斌), DU Y G(杜昱光), *et al.* Expression of tobacco SKP1 gene induced by oligochitosan[J]. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology* (植物生理与分子生物学学报), 2005, **31**(2): 213—216(in Chinese).
- [11] YANG J L(杨金丽), YIN H(尹 恒), ZHAO X M(赵小明), *et al.* Prokaryotic expression, purification and antibody production of a Ser/Thr protein kinase in tobacco induced by oligochitosan[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica* (西北农业学报), 2008, **17**(6): 253—257(in Chinese).
- [12] YIN H, LI S, ZHAO X, *et al.* cDNA microarray analysis of gene expression in *Brassica napus* treater with oligochitosan elicitor[J]. *Plant Physiol. Biochem.*, 2006, **44**: 910—916.
- [13] SHE X P, SONG X G, HE J M. Role and relationship of nitric oxide and hydrogen peroxide in light/dark-regulated stomatal movement in *Vicia faba*[J]. *Acta Bot. Sin.*, 2004, **46**: 1 292—1 300.
- [14] LI Y(李 艳), ZHAO X M(赵小明), XIA X Y(夏秀英), *et al.* Effects of oligochitosan on photosynthetic parameter of *Brassica napus* seedlings under drought stress[J]. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2008, **34**(2): 326—329(in Chinese).
- [15] LI Y(李 艳), ZENG X E(曾秀娥), LI H Y(李洪艳), *et al.* Effects of oligochitosan on the leaf physiological indices of *Brassica napus* L. under drought stress[J]. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 2012, **31**(12): 3 080—3 085(in Chinese).
- [16] ZHOU Y G(周永国), YANG Y D(杨越冬), QI Y G(齐印阁), *et al.* Effects of chitosan on some physiological activity in germinating seed of peanut[J]. *Journal of Peanut Science* (花生学报), 2002, **31**(1): 22—25(in Chinese).
- [17] GUO D H(郭东会), ZHU Q ZH(朱启忠), HU SH H(胡述浩). Effect of CTS on physiological property of peanut seedlings under drought stress[J]. *Resource Development & Market* (资源开发与市场), 2012, **28**(8): 676—678(in Chinese).
- [18] ZHU Q ZH(朱启忠), GUO D H(郭东会), LI Y T(李玉婷). The effect of CS on the protective enzyme of peanuts under drought stress [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment* (干旱区资源与环境), 2012, **26**(8): 172—175(in Chinese).
- [19] ARNON D I. Copper enzymes in isolated chloroplast, polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*[J]. *Plant Physiol.*, 1949, **24**: 1—5.
- [20] WANG A G(王爱国), LUO G H(罗广华), SHAO C B(邵从本). A study on the superoxide dismutase of soybean seeds[J]. *Acta Physiologica Sinica* (植物生理学报), 1983, **9**(1): 77—83(in Chinese).
- [21] 华东师范大学. 植物生理学实验指导[M]. 上海: 人民教育出版社, 1980.
- [22] CHANCE B. Methods on Enzymology[M]. New York: Academic Press, 1955: 764—765.
- [23] LIN ZH F(林植芳), LI SH SH(李双顺), LIN G ZH(林桂珠). Superoxide dismutase activity and lipid peroxidation in relation to senescence of rice leaves[J]. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), 1984, **26**(6): 605—615(in Chinese).
- [24] 赵世杰, 史国安, 董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002: 90—93.
- [25] LI A N(李安妮), LIU M M(刘敏敏), YU C M(庾翠梅), *et al.* Using anthracenone method to assay the pod and plant soluble sugar and starch[J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences* (中国油料作物学报), 1983, (3), 50—52(in Chinese).
- [26] MA CH(马 超), WANG D M(王德民), WU ZH F(吴正锋), *et al.* Effects of controlled release fertilizer on yield and growth characteristics of peanut on barren dryland[J]. *Crops* (作物杂志), 2009, (1): 57—59(in Chinese).
- [27] 周艳霞. 壳寡糖提高菜心品质及抗旱性机理的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2012.
- [28] LIAO D(廖 丹), HU Y Y(胡元元), QIN L N(覃礼纳), *et al.* Effects of chitosan on yield of peanut and its source, sink, flowing characteristics[J]. *Journal of Peanut Science* (花生学报), 2014, **43**(1): 33—38(in Chinese).
- [29] SUN Y H(孙彦浩), LIU E H(刘恩鸿), SUI Q W(隋清卫), *et al.* Study on peanut high-yield factors and population dynamics[J]. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 1982, (1): 71—75(in Chinese).

(编辑: 宋亚珍)